PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 12. 16. December 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor A. Battelli).
No. 4. R. Federico und P. Baccei, Über den elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt. S. 137.

Zusammenfassende Bearbeitungen.

W. Voigt, Neuere Untersuchungen über die optischen Wirkungen eines Magnetfeldes. III. Teil. (Schluss.) S. 138.

Unterrichtswesen.

F. Klein, Über die Neueinrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen. S. 143.

Vorträge und Discussionen von der 71. Naturforscherversammlung zu München:

13. E. Meyer, Die spezifische Wärme der Gase und die Gasmotorentheorie. S. 146.

14. J. Marckwald, Über Phototropie. S. 147.

15. A. Lottermoser, Überführung einiger Metalle in den kolloidalen Zustand und Eigenschaften derselben. S. 148.

16. R. Mollier, Referat über die Daten, welche die Eigenschaften der Gase und Dämpfe bestimmen, insbesondere spezifische Wärme, latente Wärme und Dichte. S. 149.

Referate.

Überlastbarkeit. S. 150.

Besprechungen.

Traité de Nomographie par Maurice d'Ocagne. S. 151.

Personalien. S. 152.

Berichtigungen. S. 152.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa (Direktor A. Battelli).

No. 4. R. Federico und P. Baccei, Über den elektrolytischen Unterbrecher von Wehnelt.

In der vorliegenden Notiz setzen wir eine Methode auseinander, um ausser der genauen Zahl auch die Form der Unterbrechungen zu bestimmen, und wir machen eine Anwendung davon auf das Studium der noch nicht genügend erkannten Wirkungsweise des Unterbrechers von Wehnelt.

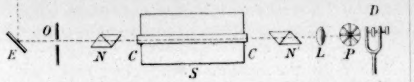

Fig. 1.

In Serie mit demselben und der Induktionsspule haben wir ein Solenoid S (Fig. 1) horizontal angebracht, welches seiner Länge nach von einem mit reinem Schwefelkohlenstoff gefüllten Glasrohr CC durchsetzt wird.

Ein Bündel Sonnenstrahlen wird von einem Heliostaten E in Richtung der Achse des Glasrohres entsandt, geht durch zwei Nikol N, N', von denen sich der eine vor, der andere hinter dem Solenoid befindet, und wird von einer Linse L auf einen Streifen photographischen Papiers konzentriert, der auf einem Rade P mit 40 Umdrehungen in der Sekunde aufgerollt liegt. Der ganze Apparat ist in einen Behälter eingeschlossen, dessen innere Wände geschwärzt sind und der eine Öffnung mit pneumatischem Verschluss, O, besitzt. — Stellt man nun die beiden Nikols auf Auslöschung und öffnet plötzlich den Verschluss, während der Strom durch den „Wehnelt" geht und das Rad in Bewegung ist, so erhält man auf dem photographischen Papier — nach der Entwickelung — einen schwarzen Streifen mit heller schattierten Unterbrechungen derart, dass in jedem Augenblick die Intensität des photographischen Eindrucks eine Funktion der Intensität des durch den „Wehnelt" unterbrochenen Stromes ist. Die Geschwindigkeit des Rades wird dabei mit Hilfe eine Stimmgabel D gemessen, welche auf einen um dasselbe Rad gelegten Streifen schreibt. Die Intensität des durch den Unterbrecher gehenden Stromes wird durch ein Amperemeter gemessen, die Potentialdifferenz durch ein Voltmeter.

Fig. 2.

Aus der Figur 2, welche eine der photographischen Aufzeichnungen wiedergiebt, geht hervor, dass die Zeit, während welcher der Strom praktisch unterbrochen ist, im Mittel den sechsten Teil der Zeit ausmacht, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Unterbrechungen liegt.

Überdies hält sich die Stromstärke bis zum Momente der Unterbrechung fast konstant und erst einen Moment vorher nimmt sie plötzlich

ab. Sie ist vielleicht niemals ganz verschwunden, wie aus dem grauen Ton hervorgeht, welcher auf der photographischen Aufzeichnung die Unterbrechung darstellt; es zeigt sich aber ein Minimalwert. Das Intervall zwischen zwei aufeinander folgenden Unterbrechungen ist sehr variabel, im Gegensatz zu der Dauer der Unterbrechungen selbst. Und es scheint durchaus, als bliebe bei steigender Unterbrechungszahl doch die Dauer der Unterbrechungen genau die gleiche, und nur die Zeit des Stromdurchganges scheint dabei abzunehmen.

Wir haben ausserdem noch zu entscheiden versucht, ob ein starkes Magnetfeld einen Einfluss auf die Wirksamkeit des Apparates äussert. Deshalb haben wir an einem „Wehnelt", dessen Gefäss aus einem Glasrohr von 2 cm äusserem Durchmesser bestand, einen grossen Hufeisen-Elektromagneten angebracht, dessen Polschuhe das Glasrohr selbst berührten. Unter der Einwirkung eines solchen Feldes (von circa 12000 C.G.S. Einheiten) haben wir niemals eine Änderung in der Unterbrechungszahl pro Sekunde bemerkt. Aber die Dauer der Unterbrechungen war kleiner und die Stromintensität ging fast plötzlich vom Maximal- zum Minimalwert. Auf den photographischen Aufzeichnungen sind die schwarzen Striche fast ohne graue Stellen unterbrochen. Das erklärt die Versuche von Rossi,[1]) der gefunden hatte, dass ein starkes Magnetfeld die Maximalspannung der Sekundärspule eines Induktoriums erhöhte, welches mit dem Unterbrecher verbunden war.

Ausserdem funktioniert der Apparat unter der Einwirkung eines Magnetfeldes weniger regelmässig, soweit es die Intervalle zwischen den einzelnen Unterbrechungen betrifft.

Interessante Resultate haben wir dadurch erhalten, dass wir als Elektrolyten eine Lösung von 10 Teilen Kaliumbichromat und 10 Teilen Schwefelsäure in 100 Teilen Wasser anwandten, an Stelle des angesäuerten Wassers.

Die Zahl der Unterbrechungen ist beim Gebrauch von Bichromat, auch wenn man eine kleinere Stromstärke verwendet, ungefähr $1\frac{1}{2}$ mal grösser als beim Gebrauch von angesäuertem Wasser, und der Potentialabfall im Apparat ist grösser bei Verwendung der ersten als bei der zweiten Flüssigkeit.

Ausserdem ist bekannt, dass bei dem gewöhnlichen Wehnelt-Unterbrecher das angesäuerte Wasser in heftige Bewegung gerät, sich trübt und erst nach einiger Zeit wieder durchsichtig wird; dass ausserdem die Flüssigkeit sich bis zu 80° oder 90° C. erwärmt und der aktive Platindraht bei längerem Gebrauch sich mit einer Inkrustation bedeckt, welche das Funktionieren des Apparates verhindert. Wenn man aber die Lösung von Bichromat verwendet, bleibt die Lösung vollkommen klar und die Gasentwickelung ist auf die nächste Umgebung der aktiven Elektrode beschränkt. Die Gasblasen steigen langsam an die Oberfläche der Flüssigkeit, welche fast ruhig bleibt. Die Blei-Elektrode bleibt blank und keinerlei Salzbildung verunreinigt die Lösung, welche auch nach längerem Gebrauch klar bleibt. Endlich ist die Erwärmung der Flüssigkeit viel weniger heftig als bei der Anwendung verdünnter Schwefelsäure und erst nach längerer Versuchsdauer erreichte sie die Temperatur von 80° C.

Der einzige Übelstand, welchen die Lösung von Kaliumbichromat bietet, ist, dass sie sich mit der Zeit schwärzt und ihre Eigenschaften verliert; aber auch wenn sie vollkommen schwarz geworden ist, funktioniert der Apparat noch immer besser, als es bei Anwendung verdünnter Schwefelsäure der Fall gewesen wäre.

(Aus dem Italienischen übersetzt von A. Coehn.)

(Eingegangen 22. Novbr. 1899.)

1) N. Cimento, (4a) vol. 10, S. 199; 1899.

ZUSAMMENFASSENDE BEARBEITUNGEN.

Neuere Untersuchungen über die optischen Wirkungen eines Magnetfeldes.

Von W. Voigt.

(Fortsetzung und Schluss.)

III. Teil.

Hiermit dürften die direkten Ergänzungen der Zeemanschen Entdeckung zusammengestellt sein, welche ein erneutes Eingreifen der Theorie in die Entwickelung dieses merkwürdigen Gebietes veranlassten.

Dabei ist zunächst der interessanten Untersuchungen zu gedenken, durch welche Lorentz[1]) die durch die beschriebenen Beobachtungen veränderten und bereicherten Verhältnisse des Zeeman-Phänomens darzustellen versuchte. Da dieser um die Eröffnung und Fortführung der Forschung in diesem Gebiete gleich verdiente Physiker indessen über seine bezüglichen

1) H. A. Lorentz, Wied. Ann. 63, S. 278, 1897; Proc. Akad. Amsterdam 1, S. 96 und 340, 1898/99; Versl. Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam 1898/99, S. 113 und 320.

Arbeiten in dieser Zeitschrift[1]) unlängst Bericht erstattet hat, so genügt es, hervorzuheben, dass das von ihm verfolgte Ziel die Konstruktion von schwingungsfähigen Gebilden elektrischer Massen gewesen ist, die unter dem Einfluss magnetischer Kräfte ihre Perioden und Schwingungsformen so ändern, dass sie, als Lichtquellen wirkend, die komplizierteren Formen des Zeeman-Effektes zeigen müssten. Das weitgehende Interesse dieser schwierigen Aufgabe ist einleuchtend; ein Gebilde mit den verlangten Eigenschaften würde ein sehr wahrscheinliches Abbild eines in einer Lichtquelle schwingenden Moleküles sein, von dessen Konstitution wir bisher nicht die geringste Vorstellung besitzen.

Um die Zeit dieser Lorentzschen Untersuchungen fand der Referent[2]) Veranlassung, sich von einer ganz anderen Seite her mit der Theorie des Zeeman-Effektes zu befassen. Er behandelte ausschliesslich das inverse, d. h. das Absorptionsphänomen, weil für dessen Theorie die Optik gegenwärtig sicherere Grundlagen besitzt, wie für das direkte, d. h. das Emissionsphänomen. Dieser Weg erschien unbedenklich, weil anscheinend alle Linienspektren, wenn auch vielleicht nur durch so starke Wirkungen, wie sie z. B. in der Sonne stattfinden, umkehrbar sind, und weil somit bei allen nach dem Kirchhoffschen Satz dem direkten auch der inverse Zeeman-Effekt entsprechen muss.

Referent ging von dem Phänomen aus, das longitudinal, d. h. parallel zu den Magnetkraftlinien wahrgenommen wird, und beschränkte sich anfangs auf den zuerst beobachteten, einfachsten und, trotz aller Ausnahmen, häufigsten (normalen) Fall der Zerlegung einer Absorptionslinie in ein Duplet. Der hier stattfindende Vorgang bei einfallendem linear polarisierten Licht lässt sich auffassen als die Zerlegung einer linearen Schwingung in zwei entgegengesetzt rotierende cirkulare, deren jede im Spektrum ebenso viele Absorptionslinien besitzt, wie die ursprüngliche Welle, nur mit dem Unterschied, dass diese Linien für die eine cirkulare Schwingung um ein weniges nach dem roten, für die andere nach dem violetten Ende des Spektrums verschoben sind. Da nun die moderne Theorie die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten von Wellen in den nächsten Zusammenhang mit den Absorptionsverhältnissen bringt, so muss dieser Verschiebung der Absorptionslinien eine Veränderung der Geschwindigkeiten der beiden Wellen entsprechen, und da eine Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei cirkularen Wellen gleicher Farbe zu einer Drehung der Polarisationsebene der aus ihnen resultierenden linearen Schwingung führt, so stellte diese Auffassung einen ganz nahen und unmittelbar einleuchtenden Zusammenhang zwischen dem inversen longitudinalen Zeemanschen und dem Faraday-Phänomen her.

Eine Schwierigkeit ergab die Betrachtungsweise bei ihrer Anwendung auf die Zerlegung in ein Triplet, die bei dem normalen Phänomen in der Richtung senkrecht zu den Kraftlinien, d. h. transversal, beobachtet wird. Denn derselbe Schluss muss auch hier gelten: die einfallende, etwa unter 45^0 gegen die Kraftlinien linear polarisierte Welle zerfällt in zwei resp. normal und parallel zu jenen polarisierte Komponenten, die verschieden absorbiert werden; diese Wellen müssten nun auch verschiedene Geschwindigkeiten besitzen, — aber es war keine Erscheinung bekannt, welche auf eine solche gewöhnliche Doppelbrechung in der Richtung normal zu den Kraftlinien des Feldes hingedeutet hätte. Somit entstand die Aufgabe, ein Formelsystem aufzustellen, welches zugleich die Faradaysche Drehung der Polarisationsebene und die inversen Zeeman-Effekte parallel und normal zu den Kraftlinien liefert und dabei auch das anscheinende Fehlen der transversalen magnetischen Doppelbrechung erklärt.

Ehe von den Mitteln zur Aufstellung dieser Formeln gesprochen wird, möge erwähnt werden, dass der vorstehende Gedankengang, wie sich nachträglich gezeigt hat, anderen Forschern mehr oder weniger vollständig schon früher vorgeschwebt hat. So hat Ketteler[1]) bereits 1882 eine Theorie der magnetischen Drehung der Polarisationsebene gegeben, die, so angreifbar auch ihre Grundlagen sein mögen, auf eine Verschiebung der Absorptionsstreifen im magnetischen Felde führt, wie sie bei der Beobachtung parallel zu den Kraftlinien wahrgenommen wird; aber er hat deren Beziehung zum Zeeman-Phänomen nicht rechtzeitig bemerkt. Diese Beziehung hat bei von ihm gegebenen Formeln Fitzgerald[2]) sehr wohl erkannt, aber er hat jene Formeln eben nur zur Verfolgung dieser einen Frage benutzt. Während beide Autoren den Effekt normal zu den Kraftlinien völlig ausser Betracht lassen, hat Goldhammer[3]) ganz gleichzeitig mit dem Referenten fast genau die oben entwickelten Überlegungen angestellt, aber er ist nicht bis zur Aufstellung eines umfassenden Formelsystemes durchgedrungen.

Für die Aufstellung eines solchen Formelsystems war durch die verschiedenen in ihren Resultaten gut bestätigten Theorien der Absorption und der Dispersion eine sichere Grundlage

1) H. A. Lorentz, Phys. Zeitschr. 1, S. 39, 1899.

2) W. Voigt, Vers. deutscher Naturforscher in Düsseldorf 1898, Vortrag vom 20. Sept. Gött. Nachr. 1898, Heft 4; Wied. Ann. 67, S. 345, 1898.

1) E. Ketteler, Wied. Ann. 16, S. 86, 1882; Theor. Optik. S. 386, Braunschweig 1885; Wied. Ann. 68, S. 125, 1899.

2) G. F. Fitzgerald, Proc. Roy. Soc. 63, S. 31, 1898.

3) D. A. Goldhammer, Vers. russ. Naturforscher in Kiew, 1898, Vortrag vom 10. Sept.; Wied. Ann. 67, S. 696, 1899.

bereits gegeben; es handelte sich somit nur um eine Ergänzung derselben, welche die specifische Einwirkung des Magnetfeldes in den Gleichungen zum Ausdruck bringt. In der nach einer Grundidee von H. Hertz durch Drude[1]) entworfenen Theorie spielen eine wesentliche Rolle gewisse Vektorgrössen K_h, die für den elektrischen Zustand eines Raumelements der ponderabeln Materie, durch welche die Lichtwelle fortschreitet, charakteristisch sind. Für die Anwendung kommt die physikalische Bedeutung dieser Vektoren nicht wesentlich in Betracht, sondern nur ihr Verhalten für sich allein und der erregenden, z. B. in der Lichtwelle schwingenden, elektrischen Kraft gegenüber.

Zur Erklärung der Absorptions- und Dispersionserscheinungen hat man anzunehmen, dass diese Vektoren K_h, nach einer Erregung sich selbst überlassen, gedämpfte Schwingungen (Eigenschwingungen) ausführen, wie sie ein Pendel in einem widerstehenden Mittel bei kleinen Amplituden zeigt.

Solche Schwingungen verlangen für die Komponenten X_h, Y_h, Z_h der Vektoren K_h Gleichungen von der Form

$$X_h + a_h \frac{dX_h}{dt} + b_h \frac{d^2X_h}{dt^2} = 0,$$

wobei a_h und b_h positive Konstanten bezeichnen, von denen die a_h in erster Linie die Dämpfung, die b_h in erster Linie die Periode der Eigenschwingungen τ_h^o bestimmt. Jeder Vektor K_h besitzt hiernach seine eigene Periode und seine eigene Dämpfung.

Die Erregung der Vektoren K_h durch die elektrische Kraft K mit den Komponenten X, Y, Z ist ausgedrückt durch eine Erweiterung obiger Gleichungen von der Gestalt

$$X_h + a_h \frac{dX_h}{dt} + b_h \frac{dX_h}{dt^2} = \varepsilon_h X.$$

Mit ihnen sind die allgemeinen Bedingungen der Elektrodynamik zu verbinden, auf die wir hier nicht eingehen können.

Aus diesen Formeln ergiebt sich, dass unter Annahme nur einer Vektorgrösse K_h der behandelte Körper bezüglich der Geschwindigkeit und der Absorption von durch ihn fortschreitenden Wellen das durch die nebenstehende Figur 3 charakterisierte Verhalten zeigt.

Mit wachsender Periode τ steigt die Geschwindigkeit ω von dem im leeren Raume stattfindenden Werte langsam an, fällt in der Nähe der Periode τ^o der Eigenschwingung des Vektors schnell unter den Ausgangswert herab, um dann von neuem allmählich anzusteigen. Die Absorption α ist für alle Perioden mit Ausnahme der τ^o naheliegenden klein; es tritt sonach in der Nähe von τ^o ein Absorptionsstreifen auf, der beiläufig um so schmäler ist, je jäher der Abfall der Geschwindigkeitskurve verläuft. Für Körper, denen mehrere Vektoren K_h zugehören, ergiebt die Theorie im allgemeinen eine Wiederholung des obigen Verlaufes der ω- und α-Kurve in der Nähe jeder Eigenperiode τ_h^o, also so viel Absorptionsstreifen, als Vektoren K_h vorhanden sind. Dieser Verlauf beider Kurven ist qualitativ und quantitativ mit der Beobachtung im Einklang. Für Natriumdampf hat Becquerel[1]) die ω-Kurve photographisch fixiert.

Was nun die Einführung der Wirkung eines Magnetfeldes angeht, so ist dieselbe bei der physikalischen Unbestimmtheit der Vektoren K_h etwas willkürlich, doch keineswegs so sehr, wie es zunächst den Anschein haben möchte.[2]) Gewisse Betrachtungen über die Symmetrieverhältnisse der elektrischen und der magnetischen Kraft, über die Erhaltung der Energie einer fortgepflanzten Schwingung, über die Superposition verschiedener Schwingungen und die Annahme, dass die Zerlegung der Spektrallinien streng der Feldstärke proportional sei (worüber oben gesprochen), führen mit einer gewissen Notwendigkeit zu der folgenden einfachsten Erweiterung der letzten Formeln:

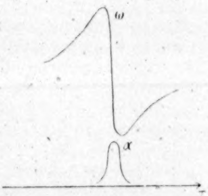

Fig. 3.

$$X_h + a_h \frac{dX_h}{dt} + b_h \frac{d^2X_h}{dt^2} + c_h \left(C \frac{dY_h}{dt} - B \frac{dZ_h}{dt} \right) = \varepsilon_h X,$$

worin A, B, C die Komponenten der magnetischen Feldstärke R bezeichnen, die c_h aber Konstanten sind, welche die Einwirkung des Feldes auf den Vektor K_h messen.

Das Resultat dieser Theorie, zunächst für Körper mit nur einem Vektor K_h und sonach mit nur einem Absorptionsstreifen und für ebene Wellen, die sich entweder parallel oder normal zu den Kraftlinien des Magnetfeldes fortpflanzen, ist folgendes.

Parallel zu den Kraftlinien pflanzen sich zwei cirkularpolarisierte und entgegengesetzt rotierende Wellen fort, deren Geschwindigkeiten ω_1, ω_2 und Absorptionen α_1, α_2 Gesetze befolgen, die geometrisch aus dem ursprünglichen erhalten werden, indem man die ω-Kurve und die α-Kurve in der obigen Figur 3 um den gleichen Betrag einmal nach rechts, einmal nach links

1) P. Drude, Wied. Ann. 48, S. 542, 1893.

1) H. Becquerel, Compt. Rend. 127, S. 899, 1898.
2) W. Voigt, Wied. Ann. 67, S. 346, 1899.

verschiebt. Die beiden Wellen haben hiernach ihre Absorptionsstreifen bei verschiedenen Perioden, somit an verschiedenen Stellen des Spektrums.[1]) Die beistehende Figur 4 verdeutlicht dies Verhältnis.

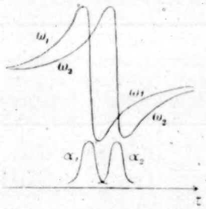

Fig. 4.

Normal zu den Kraftlinien pflanzen sich dagegen zwei senkrecht zu einander schwingende linear polarisierte Wellen fort. Die senkrecht zu den Kraftlinien polarisierte Welle befolgt nach Geschwindigkeit ω'_1 und Absorption α'_1 das ursprünglich geltende Gesetz; die parallel zu den Kraftlinien polarisierte besitzt eine Geschwindigkeitskurve ω'_2, die, statt eines, jetzt zwei, aber minder jähe Abfälle zu beiden Seiten des ursprünglichen zeigt; ihr Abstand ist gleich dem der beiden Abfälle bei dem longitudinalen Effekt (s. Fig. 4). Jedem Abfall ordnet sich in der früheren Weise ein Absorptionsstreifen, jetzt aber nur von halber Intensität, zu; Figur 5 zeigt das Nähere.

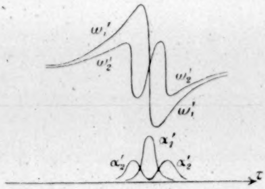

Fig. 5.

Besitzt der Körper ursprünglich mehrere, hinreichend voneinander getrennte Absorptionsstreifen, so verändert sich seine ω- und α-Kurve in der Nähe eines jeden von ihnen gemäss dem oben Beschriebenen; die Beträge der Verschiebungen oder Zerlegungen sind aber für die verschiedenen Streifen voneinander unabhängig, da gleiches von den Konstanten c_h gilt.

Man erkennt ohne weiteres, dass hiernach die entworfene Theorie, den einfachsten (normalen) Fall des inversen Zeeman-Effektes sowohl parallel als normal zu den Kraftlinien richtig liefert. Man sieht aber auch, dass sie ausser diesen Veränderungen der Absorptionslinien selbst noch weitere, zuvor nicht beobachtete Erscheinungen in deren Umgebung signalisiert.

Berücksichtigt man nämlich, dass die Grösse der Geschwindigkeitsdifferenz $\omega_1 - \omega_2$ der beiden cirkular polarisierten Wellen massgebend ist für die Grösse der durch sie hervorgebrachten Drehung der Polarisationsebene einfallenden linear polarisierten Lichtes, so zeigt Figur 4, dass diese bei Gasen im allgemeinen sehr schwache Wirkung bei Annäherung an einen Absorptionsstreifen ausserordentlich zunehmen und schliesslich eine ganz abnorme Grösse erreichen muss.

Zieht man ferner in Betracht, dass die Geschwindigkeitsdifferenz $\omega'_1 - \omega'_2$ der beiden linear polarisierten Wellen die Grösse der Doppelbrechung bestimmt, so zeigt die Figur 5, dass von jener ganz ähnliches gilt, wie zuvor von der Drehung der Polarisationsebene. Die genauen Formeln ergeben zugleich auch, dass in einiger Entfernung von einem Absorptionsstreifen die Differenz $\omega'_1 - \omega'_2$ unvergleichlich kleiner ist, als $\omega_1 - \omega_2$, — nämlich von zweiter Ordnung, wenn die letztere als von erster Ordnung angesehen wird —; sie erklären somit auch, dass bei den für die betreffenden früheren Untersuchungen stets benutzten nahezu durchsichtigen Körpern jene durch die Theorie verlangte gewöhnliche Doppelbrechung nicht nachweisbar gewesen ist. —

Das erste der von der Theorie geforderten neuen Resultate wurde durch die Beobachtung unerwartet schnell bestätigt. Nur drei Tage nach dessen erster Publikation berichteten Macaluso und Corbino[1]) über Versuche, durch welche eine abnorm starke magnetische Drehung der Polarisationsebene im Natriumdampf für die den Absorptionsstreifen unmittelbar benachbarten Farben dargethan wurde. Die Absorptionsstreifen waren bei diesen Beobachtungen durch hohe Temperatur und reichliche Dampfmenge in der Flamme so breit gemacht, dass sie im Magnetfeld nicht merklich zerlegt wurden. Die bez. Wahrnehmungen beziehen sich sonach auf die äussere Umgebung des Duplets in Fig. 4. Das Gesetz dieser Drehung fand sich mit der Theorie in bester Übereinstimmung;[2]) insbesondere ergab sich die Drehung zu beiden Seiten eines Absorptionsstreifens von gleichem Vorzeichen und von gleicher Grösse, wie das Figur 4 als nötig erkennen lässt.

1) Eine dieser Figur nahe verwandte hat bereits Ketteler entworfen (Theor. Optik. S. 396).

1) D. Macaluso u. O. M. Corbino, Vers. der ital. Physiker in Turin 1898, Vortrag vom 23. Sept. Compt. Rend. 127, S. 548, 1898. Nuov. Cim. (4) 8, S. 257, 1898, 9, S. 381, 1899.

2) W. Voigt, Gött. Nachr. v. 1898, Heft 4. Wied. Ann. 67, S. 353, 1899.

Die abnorm starke Drehung der Polarisationsebene erstreckt sich nach den Beobachtungen von Macaluso und Corbino bei kräftiger Absorption über ein ziemlich beträchtliches Gebiet in der Umgebung der Absorptionsstreifen und gehört zu den augenfälligsten Wirkungen des Magnetfeldes, welche den Zeeman-Effekt begleiten. Es kann kaum ein Zweifel sein, dass sie bei dem von Righi angestellten und oben beschriebenen Experiment beträchtlichen, ja vielleicht überwiegenden Einfluss übt. —

Den experimentellen Nachweis des zweiten der von der Theorie verlangten Resultate konnte kurze Zeit darauf unter Benutzung einer der bekannten zur Auffindung einer Doppelbrechung geeigneten Methoden und ähnlicher Verhältnisse in der Flamme, wie sie Macaluso und Corbini benutzt hatten, für Natriumdampf Referent[1]) selbst erbringen. Auch hier fand sich anscheinend die Theorie vollständig bestätigt; insbesondere zeigte die Beobachtung in Übereinstimmung mit den ω'-Kurven in Figur 5, dass auf der einen Seite eines Absorptionsstreifens die eine, auf der anderen die andere Welle die grössere Geschwindigkeit besitzt.

Beide Beobachtungen sind von Becquerel[2]) wiederholt und ergänzt worden; Cotton[3]) und Righi[4]) haben die Resultate der Theorie von zum Teil etwas anderen Seiten her bestätigt. —

Die vorstehend skizzierte Theorie betrifft zunächst nur den normalen Fall des Duplets und Triplets mit den oben erörterten Intensitäts- und Polarisationsverhältnissen. Allein ihre Grundlagen sind so allgemein, dass man auf denselben auch die anormalen Fälle des Zeeman-Effektes behandeln kann. Es lassen sich leicht Erweiterungen der oben angeführten Formeln angeben, welche mit den Symmetrieverhältnissen des Vorganges, mit der Energiegleichung und mit dem Prinzip der Superposition verschiedener Schwingungen vereinbar sind und sowohl die früher erwähnten häufigen anormalen Intensitätsverhältnisse der Triplets,[5]) als auch die gleichfalls beschriebenen anormalen Typen der Zerlegung[6]) abzuleiten gestatten. Die Angabe der hierbei zu benutzenden Hilfsmittel würde den Rahmen dieser Besprechung überschreiten. Es mag nur erwähnt werden, dass die Theorie für das bei den *Na*-Linien beobachtete specielle Quadruplet und Sextuplet, soweit allein die äussere Umgebung des ganzen Systems zusammengehöriger Komponenten in Betracht kommt, dasselbe Verhalten fordert, wie für das normale Triplet (resp. Duplet). Die oben beschriebenen, mit Natriumdampf angestellten Beobachtungen liefern also wirklich eine Bestätigung der Theorie, wenngleich es sich bei Natriumdampf eigentlich nicht um die oben vorausgesetzten normalen Duplets und Triplets handelt. —

Schliesslich mag noch eine geometrische Veranschaulichung der Geschwindigkeits- und

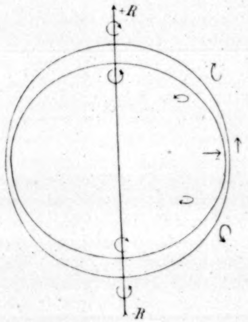

Fig. 6.

Schwingungsverhältnisse von Wellen, die einen beliebigen isotropen, im Magnetfelde befindlichen Körper in beliebigen Richtungen durchsetzen, Platz finden, wie dieselbe nach Theorie und Beobachtung sich darstellt. In Figur 6 ist für

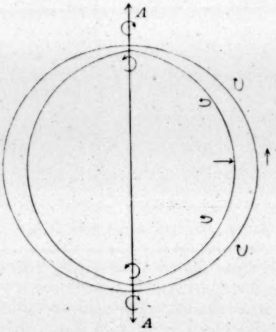

Fig. 7.

einen solchen (magnetisch-aktiven) Körper ein Meridianschnitt der Wellenfläche durch die Richtung der Kraftlinien dargestellt; die Schwingungsarten, welche den beiden Wellen in den verschiedenen Richtungen entsprechen, sind durch beigesetzte Pfeile angedeutet.

Parallel der magnetischen Feldstärke $+R$ ist die Geschwindigkeitsdifferenz $\delta\omega$ am grössten, die Schwingungen sind cirkular und von ent-

1) W. Voigt, Gött. Nachr. l. c. Wied. Ann. l. c. S. 359

2) H. Becquerel, Compt. Rend. 127, S. 647 u. 899, 1898; 128, S. 145, 1899.

3) A. Cotton, Compt. Rend. 128, S. 294, 1899.

4) A. Righi, R. Accad. Bologna, Rend. vom 28. Mai 1899

5) W. Voigt, Wied. Ann. 69, S. 290, 1899.

6) W. Voigt, Wied. Ann. 68, S. 352, 1899.

gegengesetzter Rotationsrichtung. Für von $+R$ mehr und mehr abweichende Richtungen nimmt $\delta\omega$ allmählich ab und erreicht den kleinsten Betrag normal zu R; gleichzeitig gehen die beiden cirkularen Schwingungen in elliptische von entgegengesetzter Rotationsrichtung mit gekreuzten grossen Achsen über und wandeln sich senkrecht zu R in geradlinige und zu einander normale. Weiterhin wächst $\delta\omega$ wieder, es treten wieder elliptische Schwingungen, aber mit den ursprünglichen entgegengesetzten Rotationsrichtungen auf, und parallel zu $-R$ geschieht die Fortpflanzung zweier cirkularer Schwingungen mit den gleichen, aber vertauschten Geschwindigkeiten, wie parallel zu $+R$.

Zur Vergleichung ist in Figur 7 ein Meridianschnitt durch die Wellenfläche eines natürlich aktiven einachsigen Krystalles (z. B. Quarz) dargestellt, und sind auch für ihn die den verschiedenen Fortpflanzungsrichtungen entsprechenden Schwingungsarten angedeutet. Die Figur dürfte ohne Erläuterung verständlich sein.

Göttingen, Oktober 1899.

(Eingegangen 21. Oktbr. 1899.)

UNTERRICHTSWESEN.

Über die Neueinrichtungen für Elektrotechnik und allgemeine technische Physik an der Universität Göttingen.

Von F. Klein.

Dass es wünschenswert sei, den mathematischen und physikalischen Unterricht an unseren Universitäten unbeschadet aller Entwickelung nach der theoretischen Seite hin in lebendige Beziehung zu den technischen Anwendungen zu setzen, ist eine derjenigen Überzeugungen, welche mir mit meinen gleichstrebenden Freunden gemeinsam war, als wir vor nun 30 Jahren begannen, uns hier in Göttingen für die akademische Carriere vorzubereiten.

Nun hat es kaum allgemeines Interesse, zu schildern, wie sich diese Überzeugung im Laufe der Jahre allmählich entwickelt und durchgesetzt hat. Immerhin muss ich einige bestimmende Momente hervorheben. Ich will zunächst mit besonderem Danke der fünf Jahre gedenken, die ich (von 1875—1880) an der Technischen Hochschule in München zugebracht habe und während deren ich vor allem Gelegenheit hatte, Herrn Professor Linde näher zu treten, der damals gerade sein erstes Laboratorium zum Studium der in den Wärmemaschinen sich abspielenden physikalischen Prozesse an der Hochschule eingerichtet hatte. Ich habe dann in der Folge in Leipzig und Göttingen mit meinen Kollegen zusammen versucht, zunächst dem mathematischen Universitätsunterrichte die erwünschte Ergänzung nach technischer Seite zu geben. Die entsprechende Ausgestaltung des physikalischen Unterrichts aber stiess aus naheliegenden Gründen zunächst auf grosse Schwierigkeiten. Hier war es die Chicagoer Weltausstellung von 1893 und die Gelegenheit, die sich im Anschluss daran bot, das amerikanische Unterrichtswesen an Ort und Stelle zu studieren, die uns auf den Weg wiesen, der uns jetzt Erfolg gebracht hat. Ich denke dabei nicht sowohl an specielle Einrichtungen der dortigen Hochschulen, die uns anregend gewesen sind, wie die allgemein durchgeführte Voranstellung des Laboratoriumsunterrichts bei der Ausbildung der Ingenieure u. s. w., sondern an das System der Selbsthilfe, der privaten Initiative, welches uns drüben überall entgegentritt. Wenn es in Amerika seit lange gelungen ist, praktische Männer, welche über die nötigen Mittel verfügen, selbst für abstrakte Seiten des Hochschulunterrichts zu interessieren und mit ihrer thätigen Unterstützung an der Weiterentwickelung der Unterrichtseinrichtungen zu arbeiten, weshalb sollte dies in Deutschland, an den deutschen Universitäten, deren hochentwickelte Eigenart sich in der Öffentlichkeit immer weitgehender Sympathien erfreute, unmöglich sein? Voraussetzung für das hiermit bezeichnete Vorgehen war natürlich die Verständigung und ein dauerndes Hand-in-Handgehen mit der Regierung. Dies scheint den amerikanischen Verhältnissen gegenüber eine Komplikation, bietet aber einen ausserordentlichen Vorteil: sobald die Regierung für neue Ideen mit eintritt und deren versuchsweise Durchführung als wünschenswert bezeichnet, hat das Unternehmen von vornherein einen sehr viel höheren Grad von Stabilität. Jedenfalls sind wir im vorliegenden Falle der Regierung wie andererseits den Herren Industriellen, die uns die bisherige Durchführung

unserer Pläne ermöglichten, zum allergrössten Danke verpflichtet.

Ich überspringe die Vorverhandlungen, die sich mit wechselndem Erfolg über einen grösseren Zeitraum hinzogen und bei denen allerlei Missverständnisse beseitigt werden mussten, die heute als erledigt gelten können. Der erste positive Schritt war der, dass uns Weihnachten 1896 Herr Landtagsabgeordneter Dr. Böttinger (Elberfeld), Herr Professor Dr. Linde (München) und Herr Kommerzienrat Krauss (München) als Anzahlung eine Summe von 20000 Mark zur Verfügung stellten. Indem die Regierung gestattete, dass in unser Projekt die für unsere Universitätsbibliothek geplante elektrische Beleuchtungsanlage mit einbezogen wurde, haben wir mit dieser Summe auf dem Grundstücke des physikalischen Instituts einen ersten Maschinenraum errichten können und in diesem einen 10pferdigen Gasmotor und eine 15pferdige Dampfmaschine zur Aufstellung gebracht. Zugleich berief die Regierung zwecks Einrichtung und Verwaltung des Instituts und mit dem Auftrage, nicht nur für die Studierenden der Mathematik und Physik, sondern auch für diejenigen der Landwirtschaft über Maschinenwesen zu lesen, Herrn Dr. Mollier aus München zu Ostern 1897 als ausserordentlichen Professor. Überdies bewilligte sie die Anstellung eines Assistenten und eines Maschinenwärters, sowie ausreichende Mittel für den laufenden Betrieb.

Die so getroffene Ordnung ist indessen nur kurze Zeit in Geltung gewesen, indem Professor Mollier bereits Ende des Sommersemesters als Nachfolger Zeuners nach Dresden berufen wurde. Herr Eugen Meyer, damals Docent an der Technischen Hochschule in Hannover, wurde darauf, zunächst kommissarisch für einige Wochentage, mit dem Lehrauftrage von Professor Mollier und der Wahrnehmung der Institutsinteressen betraut. Er hatte vor allen Dingen die begonnene Einrichtung des Instituts zu Ende zu führen; es war ein grosser Moment, als Anfang December 1897 an unseren Maschinen die ersten Indikatordiagramme aufgenommen werden konnten! Die ferneren Verhandlungen mit Herrn Eugen Meyer betreffs endgültiger Übernahme der Professur führten dann bald zu denjenigen Vereinbarungen, auf Grund deren unsere Einrichtungen ihre heutige Form angenommen haben. Unter Führung von Herrn Dr. Böttinger und mit dem nächsten Zwecke der Förderung unserer Institute konstituierte sich am 26. Februar 1898 eine eigene Gesellschaft, die Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik. Dieser Vereinigung traten ausser den Herren Dr. Böttinger, Prof. Dr. Linde und Kommerzienrat Krauss von Industriellen noch bei:

Herr Kommerzienrat Kuhn (Stuttgart),
Herr Generaldirektor Rieppel (Nürnberger Maschinenbau-Aktiengesellschaft),
Herr Direktor Schmitz als Vertreter der Firma Krupp, Essen,
Herr Generaldirektor Wacker (Nürnberger Elektricitäts-Aktiengesellschaft, vormals Schuckert),

denen sich bald noch

Herr Präsident Bödiker (Siemens & Halske, Berlin)

anschloss.[1]) Von seiten der Universität aber wurden Mitglieder der Vereinigung:

der Herr Kurator der Universität, Geh. Oberregierungsrat Dr. Höpfner,

sowie die Professoren:

Des Coudres, Klein, Eug. Meyer, Nernst, Riecke, Voigt, Wallach,

nach einiger Zeit auch

Professor Lexis.

Durch das Eingreifen dieser Vereinigung und das entgegenkommende Verhalten der Staatsregierung ist nun bisher folgendes erreicht:

A. Die Einrichtung und der regelmässige Betrieb eines elektrotechnischen Laboratoriums, welches unter specieller Leitung von Professor Dr. Th. Des Coudres dem unter der Direktion von Geh. Rat Riecke stehenden Institute für Experimentalphysik angegliedert ist. Professor Des Coudres hatte schon vorher im Nernstschen Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie mit dem Unterricht in der Elektrotechnik begonnen und war dann mit einem bez. Lehrauftrage am Institute für Experimentalphysik betraut worden. Jetzt konnten, wenn auch nicht grosse, so doch einigermassen ausreichende Summen zur Laboratoriumseinrichtung zur Verfügung gestellt werden; dieselben belaufen sich seither auf 34000 Mark. Auf Einzelheiten der Einrichtung und des Unterrichtsbetriebes wird wohl gelegentlich in dieser Zeitschrift zurückgekommen werden. Es wird wöchentlich einmal an einem Nachmittage ein elektrotechnisches Übungspraktikum abgehalten; ferner ist ausgiebige Gelegenheit zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten gegeben. Die Studierenden der Chemie und Physik, insbesondere auch die Lehramtskandidaten dieser Fächer, finden sich in wachsender Zahl ein, so dass jetzt schon der leider sehr unzureichende Raum des bestehenden Institutes mehr wie ausgenutzt ist.

B. Die Einrichtung und der Betrieb eines Laboratoriums für allgemeine technische Physik unter Professor Eugen Meyer. Der oben genannte Anbau wurde erweitert und

1) Neuerdings sind noch hinzugetreten: Herr Kommerzienrat Ferd. Levin (Göttingen) und Herr Generaldirektor Rathenau (Allgemeine Elektricitätsgesellschaft, Berlin).

mit verschiedenen Maschinen zum Zwecke thermodynamischer Studien, sowie den zugehörigen Messapparaten ausgestattet. Wir nennen hier einen 20pferdigen Dieselmotor, einen Kuhnschen Petroleummotor, eine Lavalturbine, eine Kälteerzeugungsanlage mit Kohlensäurebetrieb, endlich eine Kraftgasanlage. Im ganzen ist bisher eine Summe von 78500 Mark zur Verwendung gekommen. Dazu kommt (was übrigens auch bei der elektrischen Einrichtung hätte hervorgehoben werden können), dass die Beschaffung der maschinellen Anlagen seitens der liefernden Firmen vielfach durch weitgehende Rabatte wesentlich erleichtert wurde. Einzelheiten der Einrichtung müssen auch hier einer gesonderten Darstellung vorbehalten bleiben. Das Institut erfreut sich lebhafter Beachtung über die zunächst beteiligten Kreise der Physiker und Mathematiker hinaus. Von vornherein waren, wie schon angedeutet, die Interessen der Studierenden der Landwirtschaft mit berücksichtigt worden. Neuerdings wurden Kurse für die in den technischen Staatsdienst (Eisenbahndienst) tretenden Juristen eingerichtet. Namentlich sind es aber auch hier Chemiker, die an den regelmässigen Vorlesungen und Übungen, sowie an den selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten teilnehmen. Es besteht die Absicht, die Laboratoriumseinrichtung so zu vervollständigen, dass der Unterricht in technischer Mechanik, welchen die neue Prüfungsordnung für die Lehramtskandidaten der Mathematik und Physik in Aussicht nimmt, allseitig durch experimentelle Studien gestützt werden kann. In dieser Hinsicht wird es sich darum handeln, auch für die Gebiete der Hydraulik und der Festigkeitslehre in mässigen Grenzen gehaltene Hilfsmittel zu beschaffen. Im übrigen aber soll das Gebiet der Wärmekraftmaschinen, als eigenstes Arbeitsfeld des Direktors, nach Möglichkeit weiter entwickelt werden. —

Zusammenfassend wird man sagen dürfen, dass nach allen ins Auge gefassten Richtungen hin ein erfreulicher Anfang gemacht ist. Aber allerdings ist es nur ein Anfang. Es wird nicht nur darauf ankommen, dass unsere Einrichtungen noch umfassender werden und weiterhin mit dem Fortschreiten der Technik Schritt halten, sondern dass die Überzeugung von ihrer Nützlichkeit, ja Notwendigkeit in immer weitere Kreise dringt. Als neulich Herr Dr. Böttinger und ich selbst im Namen der Göttinger Vereinigung die Charlottenburger Hochschule zu ihrer Jubelfeier begrüssten, haben wir eben hierauf das grösste Gewicht gelegt; wir haben erklärt, dass es unser Wunsch sei, durch unser Vorgehen an den deutschen Universitäten eine allgemeine Bewegung im Sinne einer Annäherung an die Technik auszulösen. Ansätze im Sinne einer solchen Bewegung treten ja erfreulicherweise verschiedentlich hervor; ich möchte hier insbesondere anführen, dass auf der jüngst verflossenen Naturforscherversammlung in München zum erstenmal eine lebensfähige Abteilung für angewandte Mathematik und Physik zu stande kam, an welcher sich ausser hervorragenden Ingenieuren zahlreiche Mathematiker und Physiker eingehend beteiligten. —

Ein Wort noch über das Verhältnis unserer Bestrebungen zu den Aufgaben und Zielen der Technischen Hochschulen. Ich darf mich dabei auf den Vortrag beziehen, den ich über das allgemeine Thema: „Universität und Technische Hochschule" im vorigen Jahre auf der Naturforscherversammlung in Düsseldorf gehalten habe. Ich verlangte dort einerseits „eine durchgreifende Erweiterung der Universitäten nach der modernen Seite hin, eine volle wissenschaftliche Berücksichtigung aller Momente, die in dem hochgesteigerten Leben der Neuzeit als massgebend hervortreten", andererseits aber trat ich für die freieste und weitestgehende Entwickelung der Technischen Hochschulen ein. In der That meine ich, dass beides nicht nur miteinander verträglich ist, sondern erst in seiner Vereinigung den Fortschritt ergiebt, den wir erreichen müssen. Um zu unseren specielleren Göttinger Bestrebungen zurückzukehren: indem wir den Studierenden der Universität einen gewissen Einblick in das Wesen der Technik ermöglichen, indem wir gleichzeitig die abstrakteren Teile der Mathematik und Physik (welche bei uns in Deutschland herkömmlicher Weise nur an den Universitäten gelehrt werden) mit der Technik in Berührung bringen, glauben wir auch der Technik selbst einen Dienst zu erweisen, welcher neben den unmittelbarer hervortretenden Leistungen der Herren, die an der Technischen Hochschule wirken, als Ergänzung gelten mag. Ich betone aber lieber das Allgemeine. Es besteht eine gewisse Gefahr, dass die Abtrennung der Technischen Hochschule von der Universität zu einer unheilvollen Zweiteilung unserer höchsten wissenschaftlichen Bildung führt. Dem entgegenzuarbeiten scheint eben jetzt eine ausserordentlich wichtige Aufgabe. Darum begrüssen wir die Absicht, welche bei der Charlottenburger Feier hervortrat: an den Hochschulen mehr als bisher die allgemeinen Wissenschaften zur Geltung zu bringen, mit besonderer Freude, bitten aber zugleich, unseren Universitätsbestrebungen von der Gegenseite das gleiche Wohlwollen entgegenzubringen.

Göttingen, Anfang November 1899.

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

E. Meyer (Göttingen), Die spezifische Wärme der Gase und die Gasmotorentheorie.

Mit hinreichender Genauigkeit lassen sich durch Versuche am Gasmotor Beschaffenheit und Menge des Gasgemisches bestimmen, das am Ende der Ansaugeperiode im Cylinder zur Ausführung des Arbeitspieles bereit steht. Man denke sich nun dieses Gemenge ohne Zu- und Abfuhr von Wärme auf das Volumen des Kompressionsraumes verdichtet, dann ohne Wärmeabfuhr bei diesem Volumen vollständig verbrannt und hierauf ebenfalls adiabatisch und umkehrbar bis auf das ursprüngliche Volumen ausgedehnt. Die hierbei geleistete Arbeit sei L_i^o, die wirkliche Arbeit, die das betreffende Gasgemenge in dem untersuchten Gasmotor während des Kompressionshubes und Expansionshubes leistet, und die als der Unterschied der Expansions- und Kompressionsarbeit mit Hilfe des Indikatordiagrammes bestimmt werden kann, sei mit L_i^+ bezeichnet.

Die Differenz $L_i^o - L_i^+$ stellt dann die Arbeitsverluste dar, die während des Kompressions- und Expansionshubes durch die Wärmeabfuhr an die Wandung, durch verfrühte oder verspätete Zündungen, durch unvollständige Verbrennung und durch Vorausströmung entstehen.

Die Berechnung von L_i^o kann mit Hilfe von thermochemischen und physikalischen Formeln ausgeführt werden, wenn der Heizwert des verwendeten Gases, sowie die Konstante R des Boyle-Gay Lussacschen Gesetzes und die spezifischen Wärmen des Gasgemenges vor und nach der Verbrennung bekannt sind. Bezüglich der spezifischen Wärmen herrscht aber die grösste Unsicherheit, wie die folgenden Mitteilungen erweisen.

In der Gasmotorentheorie wurden früher die spezifischen Wärmen der wirklichen Gase, wie dies bei den idealen Gasen der Fall ist, als unabhängig von Druck, Volumen und Temperatur angenommen. In neuerer Zeit dagegen wird mit den Werten gerechnet, die Mallard & Lechatelier auf Grund ihrer Versuche für eine Reihe von Gasen angegeben haben. Nach ihnen ist die spezifische Wärme bei konstantem Volumen ausschliesslich von der augenblicklichen Temperatur τ abhängig und kann mit genügender Annäherung durch $c_v = a_v + b\tau$ ausgedrückt werden, wo a_v und b Konstante bedeuten. Bei der Berechnung von L_i^o erhält man nun ganz verschiedene Werte, je nachdem man mit konstanten spezifischen Wärmen oder aber mit den Werten von Mallard & Lechatelier rechnet. So ergab sich bei einem Versuche an der 10pferdigen Deutzer Gasmaschine des Göttinger Institutes für technische Physik, die bei 5,1 kg/qcm Kompressionsspannung, 196,0 Minuten-Umdrehungen, und 9,81 Bremspferdestärken Leistung, 633 Liter Leuchtgas von 5170 WE/cbm unterem Heizwert pro eff. Pferdekraft und Stunde verbrauchte,

$\frac{L_i^+}{L_i^o} = 0{,}870$ bei der Rechnung nach Mallard & Lechatelier und

$\frac{L_i^+}{L_i^o} = 0{,}653$ bei der Rechnung mit konstanten spezifischen Wärmen.

Die letztere Rechnung würde also ergeben, dass 34,7 Proz. der Arbeit einer verlustlosen Maschine infolge von unvollständiger Verbrennung, Wärmeabfuhr an die Wandung, von verfrühter und verspäteter Zündung und von Vorausströmung verloren gehen, während nach Mallard & Lechatelier diese Verluste nur 13 Proz. betragen würden.

Bei einem 8pferdigen Motor von Gebrüder Körting, der bei 10,25 kg/qcm Kompressionsspannung 221,2 Minuten-Umdrehungen und 10,40 Bremspferdestärken nur 440 Liter Leuchtgas von 5000 WE/cbm unterem Heizwert pro eff. Pferdekraft und Stunde verbrauchte, fand sich $\frac{L_i^+}{L_i^o}$ nach Mallard & Lechatelier berechnet $= 0{,}884$; es würde somit gegenüber der verlustlosen Maschine nur ein Arbeitsverlust von 11,6 Proz. vorhanden sein. Nun liess sich aus dem Diagramm nachweisen, dass der Verlust durch verspätete Zündung 5,7 Proz. und derjenige durch Vorausströmung 1,1 Proz. betrug, so dass der Arbeitsverlust infolge der Wärmeabfuhr an das Kühlwasser und der etwaigen unvollständigen Verbrennung nur 4,8 Proz. der Arbeit der verlustlosen Maschine ausmachen würde. Es ist aber kaum glaublich, dass die Wärmeabfuhr an die gekühlten Wandungen einen so geringen Einfluss auf die Arbeitsverluste ausüben sollte.

Dieser Einfluss lässt sich mit Hilfe des Indikatordiagrammes auch noch in anderer Weise angeben. Man kann nämlich auf dem Wege der kalorimetrischen Untersuchung ausrechnen, welchen Betrag zwischen zwei Punkten des Indikatordiagrammes die Wärmeabfuhr an die Wandung, vermehrt um den durch unvollständige Verbrennung verursachten Ausfall an Wärme

(oder vermindert um die Wärmezufuhr beim „Nachbrennen"), ausmacht. Für drei in allen Teilen möglichst sorgfältig ausgeführte Versuche wurde diese Rechnung angestellt. Es ergab sich, dass sich bei Benutzung der Mallard-Lechatelierschen Werte vom Beginne der Zündung an bis nach Zurücklegung des ersten Zehntels des Expansionshubes nur ungefähr ein halbes Prozent der gesamten Verbrennungswärme als Verlust durch Kühlwasser und durch unvollständige Verbrennung nachweisen liess. Nun wurde aber bei den Versuchen durch chemische Analysen der Abgase festgestellt, dass durch unvollständige Verbrennung allein etwa 5 Proz. der Gesamtwärme verloren gehen. Das obige Ergebnis kann daher nicht richtig sein, mit den spezifischen Wärmen von Mallard & Lechatelier erhält man unmögliche Zahlen.

Rechnet man dagegen die Versuche mit der Annahme konstanter spezifischer Wärmen durch, so findet man als Wärmeverlust durch das Kühlwasser und durch unvollständige Verbrennung während des ersten Zehntels des Kolbenhubes 30 Proz. der Gesamtwärme, was nun als sehr viel erscheint, da während des ganzen Viertaktes nur 40 Proz. der Gesamtwärme an das Kühlwasser übergingen.

Für die Wärmeabfuhr vom Ende des ersten Zehntels bis zum Ende des neunten Zehntels des Kolbenhubes (d. h. während der Expansion) findet sich nach Mallard & Lechatelier ein Wärmeverlust von 20 Proz., dagegen bei der Annahme konstanter spezifischer Wärmen von nur 2 Proz.

Das Ergebnis auf Grund der letzteren Annahme liesse sich durch sehr erhebliches Nachbrennen erklären. Nimmt man dieses an, so werden die auf Grund der ersteren Rechnung erhaltenen Zahlen vollends unmöglich. Jedenfalls lässt sich also aus den mitgeteilten Versuchsberechnungen schliessen, dass die Werte von Mallard & Lechatelier für die spezifischen Wärmen der Gase nicht richtig sind. Auch die Annahme konstanter spezifischer Wärmen erscheint wenig zutreffend, falls man erhebliches Nachbrennen nicht für wahrscheinlich hält. Hält man an der Gleichung $c_v = a_v + b\tau$ fest, so müssen für den Temperaturkoeffizienten b jedenfalls kleinere als die Mallard & Lechatelierschen Werte gesetzt werden, doch ist nicht zu vergessen, dass nach den Versuchen von Lussana die spezifischen Wärmen der Gase auch wesentlich vom Drucke abhängig sind.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 7. Oktbr. 1899.)

J. Marckwald (Berlin), Über Phototropie.

Es sind mannigfache chemische Wirkungen der Lichtstrahlen bekannt. Zu solchen sind nicht nur diejenigen Lichtwirkungen zu rechnen, welche sich, wie viele Bleichprozesse, die Verbindung von Chlor mit Wasserstoff, die Reduktion der Kohlensäure im pflanzlichen Lebensprozess in chemischen Umsetzungen zwischen verschiedenen Stoffen äussern, oder welche, wie der Zerfall der Halogensilberverbindungen, sich als Zersetzung eines Stoffes in seine Bestandteile darstellen, sondern auch diejenigen Lichtwirkungen werden als chemische zu bezeichnen sein, welche, ohne eine Änderung in der Zusammensetzung eines Stoffes herbeizuführen, doch die Anordnung der Atome im Moleküle eines Stoffes oder die Molekulargrösse ändern. Die Umwandlung des Acetaldehydes in sein Polymeres, des gelben Phosphors in den roten sind Beispiele chemischer Lichtwirkungen der letzteren Art.

Neben diesen kennt man nun eine zweite Art der Lichtwirkung, welche dadurch charakterisiert ist, dass sie sich nicht in einer dauernden Zustandsänderung des belichteten Stoffes äussert, sondern in einer vorübergehenden, welche nach der Belichtung mehr oder weniger schnell zurückgeht. Das gilt z. B. für die phosphoreszierenden Körper und für die Erscheinung, dass das Selen unter der Einwirkung der Lichtstrahlen seine elektrische Leitfähigkeit vermehrt. Solche Phänomene schlage ich vor als „Phototropie" zu bezeichnen. Ein neuartiges Phänomen dieser Art habe ich zufällig beobachtet.

Das salzsaure Salz einer organischen Base, deren Darstellung später an anderer Stelle beschrieben werden soll, und welche ich nach ihrer Konstitution als „Chinochinolin" bezeichne, zeigt, wenn man die gelben Krystalle durch Trocknen bei 100° vom Krystallwasser befreit hat, die Eigenschaft, sich im Lichte grün zu färben, im Dunkeln aber wieder die gelbe Farbe anzunehmen. Als wirksam haben sich die Lichtstrahlen von geringerer Wellenlänge erwiesen, denn rotes Licht zeigte gar keine, grünes schwache, violettes intensive Wirkung. Ausserdem hängt die Wirkung selbstverständlich von der Intensität des Lichtes ab. Direktes Sonnenlicht ruft in wenigen Sekunden, diffuses Tageslicht erst in einigen Minuten eine deutliche Farbenänderung hervor.

Die Rückverwandlung im Dunkeln ist in ihrer Geschwindigkeit sehr von der Temperatur abhängig, sie erfordert im Eisspind mehrere Tage, bei Sommertemperatur höchstens einen Tag, und sie erfolgt bei ca. 90° momentan.

Dass die Erscheinung nicht chemischer Natur ist, also etwa auf einer Isomerisation beruht, ist schon daraus zu entnehmen, dass nur das wasserfreie Chlorid des Chinochinolins die Phototropie zeigt. Die freie Base oder andere Salze zeigen das Phänomen ebensowenig, wie das mit drei Molekülen Wasser krystallisierte Chlorid selbst. Eine weitere Aufklärung über das

Wesen der Erscheinung ergab sich, als dieselbe an einer zweiten, bereits seit längerer Zeit bekannten Substanz beobachtet wurde. Die Herren Freiherr v. Seherr-Thoss zu Berlin und Professor Dr. C. Hintze zu Breslau machten mich auf das von Zinke[1]) beschriebene β-Tetrachlor-α-ketonaphthalin aufmerksam, von welchem der Autor angegeben hat, dass die farblose Verbindung im Lichte nach kurzer Zeit eine Amethystfärbung annehme.

Die nähere Untersuchung dieser Verbindung zeigte zunächst, dass auch hier die Färbung im Dunkeln wieder verschwindet. Sowohl der Eintritt des Phänomens, wie der Rückgang erfolgt unter fast gleichen Umständen, wie sie oben für das salzsaure Chinochinolin beschrieben sind. Als aber das Tetrachlorketonaphthalin in grossen, wohlausgebildeten Krystallen gewonnen, und diese, die nach allen Richtungen farblos und durchsichtig waren, dem Lichte ausgesetzt wurden, da ergab sich, dass auch nach der Belichtung die Krystalle nach zwei Richtungen hin völlig farblos und durchsichtig blieben, in der dritten Richtung aber rot-violett gefärbt erschienen. Die Krystalle werden also im Lichte pleochroitisch. Man kann sich diesen Vorgang etwa so vorstellen, dass durch die Lichtstrahlen in dem Krystall irgend welche Schwingungen angeregt werden, welche dem Lichte gewisser Wellenlängen den Durchgang nicht gestatten, bis diese Schwingungen wieder erlahmen.

Wenn die Erscheinung auf irgend eine chemische Umlagerung des Stoffes zurückzuführen wäre, so müsste die Färbung nach allen Richtungen eintreten. Der Krystall müsste auch, wie es bei Umlagerungen einer Krystallform in die andere geschieht, trübe und undurchsichtig werden. Dass in der That das Phänomen an die Krystallform des β-Tetrachlor-α-ketonaphthalins geknüpft ist, liess sich dadurch erweisen, dass es mir gelungen ist, eine zweite, allotrope Modifikation dieses Körpers aufzufinden, welche nicht lichtempfindlich ist. Diese gegen 100^0 stabile Modifikation bildet sich beim Erhitzen der gewöhnlichen Form im siedenden Wasserbade. Dabei werden die ursprünglich durchsichtigen Krystalle sehr schnell matt und undurchsichtig und bieten das typische Bild eines Krystalls, dessen kleinste Teilchen eine Umlagerung erlitten haben, obwohl durch Pseudomorphose äusserlich die ursprüngliche Form erhalten geblieben ist — eine Erscheinung, wie wir sie z. B. bei der Umwandlung des prismatischen Schwefels in oktaedrischen und in vielen anderen Fällen beobachten.

Diese allotrope Modifikation bleibt, auch nach dem Pulvern, im Lichte weiss. Wenn man sie aber löst und das Lösungsmittel verdunstet, so erhält man wieder die lichtempfindlichen Krystalle. Ja es genügt, die bei gewöhnlicher Temperatur labile Modifikation mit einem Kryställchen der lichtempfindlichen Form in innige Berührung zu bringen, um eine Rückverwandlung in die stabile, lichtempfindliche Form zu bewirken.

Nachdem ich die im vorstehenden beschriebene Art von Phototropie an zwei ganz heterogenen Stoffen beobachtet habe, glaube ich annehmen zu dürfen, dass sich das Phänomen, wenn auch nicht in gleich auffallender Weise, bei manchen anderen Krystallen zeigen wird.

Eine gewisse äusserliche Ähnlichkeit mit denjenigen Erscheinungen, die Goldstein bei der Einwirkung der Kathodenstrahlen auf Alkali- und alkalische Erdsalze beobachtet hat, ist nicht zu verkennen. Dass diese beiden Erscheinungen in direkter Beziehung zu einander stehen, scheint mir zunächst wenig wahrscheinlich. Dagegen spricht, dass die Färbung der Salze, welche durch Kathodenstrahlen bewirkt wird, gerade im Dunkeln beständig ist und im Lichte verschwindet, ferner aber, dass diese Färbung generell bei ganzen Salzklassen eintritt, was mehr für chemische Vorgänge spricht, während, wie gerade das Beispiel des Chinochinolins zeigt, die Phototropie lediglich bei einem Einzelsalz, dem Chlorid, zu beobachten ist.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 7. Oktbr. 1899.)

A. Lottermoser (Dresden), Überführung einiger Metalle in den kolloïdalen Zustand und Eigenschaften derselben.

Das zuerst bekannte Metall in kolloïdalem Zustande ist das von Carey Lea im Jahre 1889 entdeckte kolloïdale Silber. Dasselbe wird durch Reduktion von Silbernitrat mit Ferrosulfat bei Gegenwart von Natrium- oder Ammoncitrat als schwarz-violettes feines Pulver gewonnen, welches von Wasser mit blutroter bis rotbrauner Farbe aufgenommen wird. Durch geeignete Absaug- und Trockenvorrichtungen kann dasselbe auch in Form metallglänzender schwarzer Stücke erhalten werden. Die kolloïdale Lösung des Silbers wird von allen Elektrolyten verändert, indem sich das Silber, meist in unlöslichem Zustande, ausscheidet. Herr Professor von Meyer in Dresden und der Vortragende unternahmen nun den Versuch, die verschiedene Intensität der Einwirkung zunächst bei den Säuren quantitativ festzustellen. Es ergab sich dabei die Gesetzmässigkeit, dass bei gleicher Konzentration der kolloïden Silberlösung die Mengen der Säuren (dieselben wurden in normaler Lösung untersucht), welche zugesetzt werden müssen, um gerade Ausfällung zu erzielen, indirekt proportional der Stärke derselben sind. Es stehen diese Versuche in vollkommener Analogie zu denen von Professor

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 21, 1041.

Bodländer, welcher bei der Einwirkung von Säuren auf wässerige Kaolinaufschlemmungen die gleichen Sedimentationsgesetzmässigkeiten fand. Auch aus dieser Analogie zwischen kolloïden Lösungen und wirklichen Suspensionen ist der Schluss zu ziehen wohl berechtigt, dass es sich bei ersteren auch um Suspensionen allerdings so feiner Natur handelt, dass auch mit stärkster Vergrösserung keine Teilchen wahrzunehmen sind. Die Salzlösungen wirken sehr verschiedenartig auf die kolloïdale Silberlösung ein: Die Alkali- und Ammonsalze derjenigen Säuren, die lösliche Silbersalze bilden, scheiden kolloïdales Silber in fester Form aus, die übrigen Salze unlösliches, molekulares Silber, nur die reduzierbaren Metallchloride werden zu Chlorür reduziert, während sich andererseits Chlorsilber bildet. Sind bei der letzten Reaktion die Reagentien sehr stark verdünnt, so scheiden sich oft die Reaktionsprodukte nicht aus, sondern bleiben kolloïdal gelöst.

Die gelösten Halogene bilden aus der Lösung des kolloïdalen Silbers kolloïdales Halogensilber; so bildet eine alkoholische Jodlösung eine milchartige, gelbe Flüssigkeit, die kolloïdales Jodsilber enthält. Auch diese kolloïdalen Flüssigkeiten werden von allen Elektrolyten, und zwar ausnahmslos unlöslich gefällt.

Alle Ausfällungserscheinungen werden aber verändert durch Zusatz sehr beständiger Kolloïde zu den kolloïdalen Metall- oder Halogenmetalllösungen. Dann entsteht nämlich nur dann eine Fällung, sobald auch dieses beständige Kolloïd (Eiweiss, Gelatine) ausgefällt wird.

Von anderen Metallen hat Vortragender das Quecksilber, Wismut und Kupfer in den kolloïden Zustand übergeführt, und zwar sämtlich durch Reduktion mit Zinnoxydulsalzen. Das kolloïdale Quecksilber entsteht durch Behandeln von am besten $HgNO_3$ in schwach saurer Lösung mit einem Zinnoxydulsalze und Ausfällen der entstandenen tiefbraunen Flüssigkeit mit einem geeigneten Ammonsalze als feiner schwarzer Niederschlag, der von Wasser mit tiefbrauner Farbe aufgenommen wird. Auch dieses Präparat kann genau so wie das kolloïde Silber im trockenen Zustande erhalten werden. Die kolloïdale Lösung des Quecksilbers verhält sich Elektrolyten und gelösten Halogenen gegenüber genau so, wie das kolloïde Silber.

Das kolloïde Wismut wurde gewonnen durch Reduktion eines Wismutsalzes in ammoniakalischer Lösung unter Beihilfe von Ammoncitrat mit einem Zinnoxydulsalze in der Hitze. Auch dieses bildet eine braune kolloïdale Lösung. Ebenso das kolloïdale Kupfer, welches durch analoge Reduktion, aber in alkalischer Lösung, gewonnen werden konnte. Bei allen diesen durch Reduktion mit Zinnoxydulsalzen gewonnenen kolloïdalen Metallen waren nun auch nach öfterem Lösen in Wasser und Wiederausfällen mit einem geeigneten Salze noch immer beträchtliche Mengen von Zinn vorhanden. Dies hat seine Ursache darin, dass das Zinn als kolloïde Zinnsäure vorhanden ist. Es geht dies aus Analogie mit dem Cassiusschen Goldpurpur hervor, welcher auch durch Reduktion mit einem Zinnoxydulsalze gewonnen wird und dessen Zusammensetzung von Zsigmondy durch Mischen von kolloïdalen Lösungen des Goldes und der Zinnsäure und Ausfällung des Gemisches mit einem Elektrolyten, wobei ein vollkommener Goldpurpur entsteht, bewiesen worden ist. Ausserdem ist es dem Vortragenden gelungen, auch Silberlösungen unter Zuhilfenahme von Ammoncitrat mit Zinnoxydulsalzen zu reduzieren und zu einem zinnsäurehaltigen kolloïdalen Silber zu gelangen, ferner dieses Präparat mit all seinen Eigenschaften aus reinem kolloïdalen Silber und kolloïdaler Zinnsäure synthetisch darzustellen.

Der Vortragende ist der Ansicht, dass diese kolloïde Zinnsäure, da wohl reines kolloïdales Quecksilber, Wismut und Kupfer nicht existenzfähig oder doch sehr unbeständig sein dürften, bei diesen Präparaten dieselbe Funktion übernommen hat, wie beim kolloïdalen Silber Eiweiss oder Gelatine, sie macht die kolloïdalen Metalle beständiger und dadurch existenzfähig.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 9. Oktbr. 1899.)

R. Mollier (Dresden), Referat über die Daten, welche die Eigenschaften der Gase und Dämpfe bestimmen, insbesondere spezifische Wärme, latente Wärme und Dichte.

Zunächst hob der Vortragende hervor, dass recht häufig ein beträchtliches Missverhältnis zwischen der Genauigkeit, die der Techniker beansprucht, und der Genauigkeit der physikalischen Grundlagen besteht.

Betrachtet man zunächst die Dampfmaschine, so ist der Wirkungsgrad das Verhältnis der Arbeit, welche 1 kg Dampf wirklich leistet, zu derjenigen, welche es leisten könnte, wenn kein Verlust in der Maschine stattfände. Um diese letztere, die ideelle Arbeit der Dampfmaschine, zu finden, braucht man die Verdampfungswärme des Wassers. Hier weichen aber die von Regnault gegebenen Zahlen von den aus neueren Versuchen von Battelli erschlossenen und aus der van der Waalsschen Zustandsgleichung herausgerechneten um 3 Proz. ab; um so viel ist also die ideelle Arbeit der Dampfmaschine unsicher bestimmt, während die Unsicherheit bei Bestimmung der wirklichen Arbeit mit Hilfe eines Indikators einen so grossen Betrag durchaus nicht erreicht.

Bei den Heissdampfmaschinen tritt ein beständiger Übergang aus dem Sättigungszustand in den des ungesättigten Dampfes und umgekehrt ein. Die Formeln für diesen Prozess müssten also einen homogenen Übergang zwischen den beiden Zuständen liefern, was jedoch keineswegs der Fall ist. Hier werden von den Technikern also ganz bewusst aber gezwungenermassen erhebliche Fehler gemacht.

Noch schlimmer steht es mit dem kalorischen Verhalten des überhitzten Wasserdampfes. Um etwa die Entropie als Funktion von Druck und Temperatur zu bestimmen, müsste man vollständige Versuchsreihen über die Werte der spezifischen Wärme bei konstantem Druck innerhalb der ganzen in Betracht kommenden Temperaturintervalle haben. Indem man einfach den Regnaultschen Wert nimmt und konstant setzt, begeht man sicherlich Fehler von 4 Proz. und darüber.

Bei den Kältemaschinen ist es nicht besser. Alle modernen Kältemaschinen arbeiten mit Dampf, und zwar kommt sowohl überhitzter als gesättigter Dampf in Betracht. Die hauptsächlich vorkommenden Stoffe sind Ammoniak, Kohlensäure und schweflige Säure. Am wichtigsten von diesen dreien ist Ammoniak, über welchen physikalische Daten fast völlig fehlen, während bei Kohlensäure und schwefliger Säure einige Versuchsreihen existieren.

Ganz besonders bei der Theorie der Gasmaschinen und Petroleummaschinen fehlen der Technik feste physikalische Grundlagen. Es handelt sich da um die Verbrennungsprodukte, deren spezifische Wärme nach einigen physikalischen Angaben beträchtlich zunimmt, nach anderen jedoch bis 1600° konstant bleibt und erst in dem für die Technik unwichtigen Gebiet über 1600° veränderlich wird. Je nachdem man der Rechnung eine konstante oder eine veränderliche spezifische Wärme zu Grunde legt, erhält man Resultate, die um mehr als 30 Proz. voneinander abweichen.

(Keine bemerkenswerte Discussion.)

(Vom Vortragenden durchgesehenes Referat von Dr. B. Borchardt.)

REFERATE.

Elektrotechnik.

Besorgt von Prof. Dr. Th. Des Coudres.

Überlastbarkeit.

Das American Institute of Electrical Engineers hat jüngst in Boston Normalbestimmungen für Generatoren, Motoren und Transformatoren angenommen. Im allgemeinen auf den heutigen Stand der elektrischen Industrie speciell in der Union auf die dortigen wirtschaftlichen Bedürfnisse und technischen Gepflogenheiten zugeschnitten, enthalten diese Bestimmungen doch auch Einzelheiten, die in anderen Ländern Beachtung finden werden.

Als Probe sei der Abschnitt „Überlastungskapazitäten" hergesetzt. Er ist entnommen aus einem im Electrician vom 8. September B. 53, No. 20, S. 704 gegebenen wenig gekürzten Abdrucke. Gerade die Überlastbarkeitsnormen könnten als Anhalt bei Unterrichtsversuchen vielleicht dem einen oder anderen nützlich sein.

Alle Garantien betreffs Erwärmung, Regulation, Funkengeben u. s. w. sollen sich auf normale Vollbelastung beziehen, ausser wo dies ausdrücklich anders angegeben ist und bei Wechselstromapparaten auf einen Strom in Phase mit der Klammenspannung, ausser wo Phasenverschiebung durch die Natur des Apparates selbst bedingt wird. Alle Apparate sollen eine angemessene Überlastung aushalten ohne Selbstzerstörung durch Erhitzung, Funken, Schwäche der mechanischen Teile u. s. w. und ohne eine Temperatursteigerung um mehr als 15° C. über die für Vollbelastungen vorgesehene Erwärmung. Gewährleistete Überlastungsfähigkeit ist auf normale Betriebsbedingungen hinsichtlich Geschwindigkeit, Frequenz, Spannung u. s. w. zu beziehen und auf nicht induktives Regime bei Wechselstrom, ausser wo eine Phasenverschiebung durch die Natur des Apparates bedingt ist.

Folgende „Überlastungskapazitäten" werden empfohlen:

1. Bei Gleichstrom und Wechselstromgeneratoren 25 Proz. für eine halbe Stunde.
2. Bei Gleichstrommotoren und Synchronmotoren 25 Proz. für eine halbe Stunde, 50 Proz. für eine Minute mit Ausnahme der Bahnmotoren und anderer für Dienst mit Unterbrechungen bestimmter Apparate.
3. Induktionsmotoren 25 Proz. für eine halbe Stunde, 50 Proz. für eine Minute.
4. Synchrone Umformer 50 Proz. für eine halbe Stunde.
5. Transformatoren 25 Proz. für eine halbe Stunde. Ausgenommen Transformatoren, die mit Apparaten verbunden sind, für die eine Überlastbarkeit gewährleistet ist, in welchem Falle für den Transformator dieselben Garantien gelten müssen wie für den mit ihm verbundenen Apparat.
6. Bei Erregermaschinen von Wechselstrom und anderen synchronen Maschinen muss die Überlastbarkeit 10 Proz. mehr betragen als nötig ist, um die Synchronmaschine zu ihrer garantierten Überlastungsgrenze bei gleicher Periode zu erregen.

BESPRECHUNGEN.

Traité de Nomographie par Maurice d'Ocagne. XIV und 480 Seiten. Paris, Gauthier-Villars, 1899.

In diesem Werke über den jüngsten Zweig der angewandten Mathematik, der besonders auch von dem Physiker volle Beachtung verdient, stellt der Verfasser, Ingenieur und Professor an der École des ponts et chaussées in Paris, die Resultate sowohl der Arbeiten anderer als auch besonders der von ihm selbst seit 1884 in zahlreichen Einzelabhandlungen niedergelegten Forschungen im Zusammenhange dar. Ich darf vorweg bemerken, dass ich ein ausführlicheres Referat über diesen Gegenstand in Kürze zu veröffentlichen gedenke, voraussichtlich in den Göttinger Gelehrten Anzeigen, so dass ich mich im folgenden beschränken möchte, kurz darzulegen, um was es sich hier überhaupt handelt, und dies an zwei ausgewählten Beispielen näher zu erläutern.

Bekannt sind die graphischen Rechenmethoden für die Auflösung von Gleichungen oder Gleichungssystemen, wie sie beispielsweise in der Graphischen Statik zu hoher Vollkommenheit ausgebildet sind. Hiermit nahe verwandt und doch davon verschieden ist die Nomographie. Während man dort in jedem einzelnen Falle eine geometrische Konstruktion ausführen muss, um die gesuchten Grössen, etwa als Strecken, zu erhalten, hat die Nomographie Methoden zur Konstruktion von Rechentafeln (abaques) ausgebildet. Eine einzelne solche Tafel, die einer bestimmten durch eine oder mehrere vorgegebene Gleichungen definierten Abhängigkeit zwischen veränderlichen Grössen entspricht, gestattet, nachdem sie einmal gezeichnet vorliegt, unmittelbar die Werte der abhängigen Variabeln aus ihnen zu entnehmen, wenn die unabhängigen irgend welche speciellen Werte erhalten. Die Nomographie will also einen Ersatz bieten für die Aufstellung von Tabellen, die besonders dann im allgemeinen recht umständlich sind, wenn es sich um Gleichungen zwischen mehr als 2 Variabeln handelt. Diese Rechentafeln bieten überdies oft denselben Vorteil, wie überhaupt eine graphische Darstellung einer Funktion, z. B. eine Temperaturkurve, was die Übersicht über den gesamten Verlauf betrifft.

Erstes Beispiel: Rechentafel mit Kurvenkreuzung (abaque à entrecroisement).

Ist p das in g angegebene Gewicht des in 1 cbm Luft von t^0C. enthaltenen Wasserdampfes, dessen Spannkraft f mm ist, so besteht folgende Beziehung:

$$p = \frac{810 f}{760 + 2{,}78\, t}.$$

Die Spannkraft f ferner ist als eine empirisch nach der Tabelle von Regnault bestimmte Funktion der auf dem Hygrometer abgelesenen Kondensationstemperatur t' gegeben zu denken.

Mit x, y rechtwinklige Koordinaten bezeichnend, setzen wir jetzt:

$$x = l_1 \cdot 810 f,$$
$$y = l_2 \cdot 2{,}78\, t, \text{ wo } l_1,\ l_2 \text{ gewisse „Moduln"}$$

bezeichnen, über die wir noch frei verfügen können. Sie haben der Figur 1 entsprechend die Werte $l_1 = 0{,}0037$ mm und $l_2 = 0{,}43$ mm erhalten, so dass

$$x = 3 \text{ mm} \cdot f \text{ und } y = 1{,}2 \text{ mm} \cdot t \text{ ist}.$$

Durch Substitution dieser Werte in obige Gleichung ergiebt sich:

$$760 p + p \cdot \frac{y}{l_2} - \frac{x}{l_1} = 0.$$

Diese Gleichung stellt dem Parameter p entsprechend ein Büschel von Geraden, „Radianten", dar, die sämtlich durch den Punkt

$$x = 0,\ y = -l_2 \cdot 760 \text{ mm}$$

gehen.

In der Figur 1 (um 90° gedreht zu denken) sehen wir nun auf der Ordinatenachse die „Skala" (échelle) der Temperatur mit den Parallelen durch die Teilpunkte zur Abscissenachse, auf der oberen Begrenzungsgeraden die Werte von p, welche den einzelnen ausgezogenen „Radianten" entsprechen. Die noch eingezeichnete Begrenzungskurve (courbe de la tension maximum) stellt die zwischen den Werten f und t' bestehende Funktion graphisch dar, wobei wieder

$$x = 3 \text{ mm} \cdot f \text{ und } y = 1{,}2 \text{ mm} \cdot t'$$

gesetzt ist. Der Gebrauch dieser Tafel ist aus folgendem Zahlenbeispiel zu entnehmen. Es sei $t = 30^0$ und $t' = 16^0$ gegeben. Man gehe auf der Horizontalgeraden durch den mit 16^0 bezeichneten Ordinatenpunkt bis zum Schnittpunkt mit der Kurve, dann von diesem mit Hilfe eines in der Richtung der Abscissenachse beweglichen „Index", der in der Figur gestrichelt angedeutet ist, parallel zur Ordinatenachse nach oben bis zum Schnittpunkt mit der durch den Ordinatenpunkt 30^0 gehenden Horizontalgeraden. Die durch den letztgenannten Schnittpunkt gehende Radiante trägt als „Cote" den gesuchten Zahlwert $\gamma = 12{,}9\, g$. —

Zweites Beispiel: Kollineare Rechentafel (abaque à alignement).

Bezeichnet ε die in Millimeter angegebene Korrektion, welche von dem bei t^0 C. in Millimeter Quecksilber abgelesenen Barometerstande p abzuziehen ist, um letzteren auf 0^0 C. zu reduzieren, so gilt die Beziehung:

$$\varepsilon = 0{,}00016\,pt.$$

In der Figur 2 sind auf den mit (p), (ε) und (t) bezeichneten Geraden (deren erste beiden parallel sind) in bestimmter Weise die Skalen für die Veränderlichen p, ε, t aufgetragen und zwar so weit, als praktisch Werte für sie in Betracht kommen. Wie diese Skalen im einzelnen zu konstruieren sind, wollen wir hier nicht wiedergeben, da dies zu weit führen würde. Die Anwendung der erhaltenen, in der Figur in verkleinertem Massstabe dargestellten Rechentafel ist dann einfach folgende: Ist z. B. $p = 640$ mm und $t = 25^0$ gegeben, so verbinde man die entsprechend bezeichneten Punkte der Skalen (p) und (t) durch eine Gerade und lese an dem Schnittpunkte mit der dritten Skala (ε) die „Cote" $\varepsilon = 2{,}56$ mm ab, welche den gesuchten Wert darstellt. —

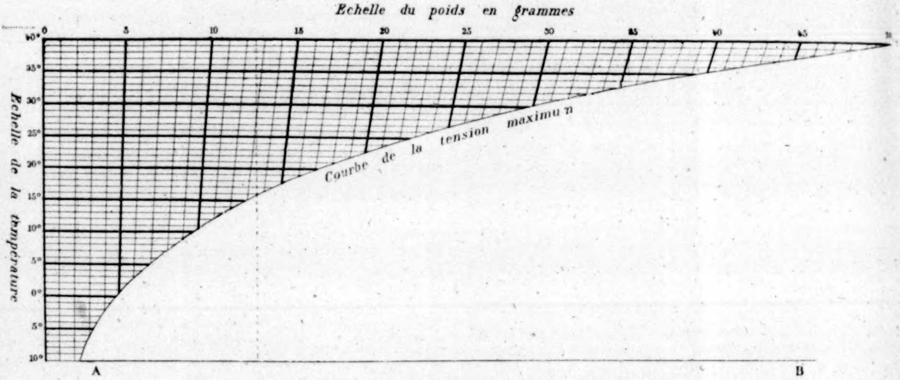

Fig. 1.

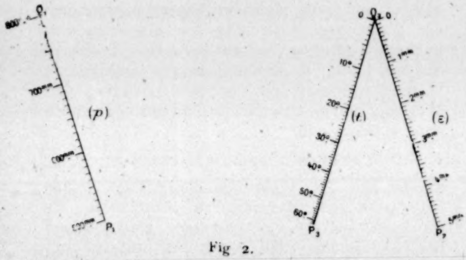

Fig 2.

Ein Vorzug des Werkes ist es, dass überall die allgemeinen Betrachtungen durch zahlreiche specielle Beispiele erläutert werden. Diese gewähren vor allem auch einen Einblick in die überaus mannigfaltige Benutzung der entwickelten Methoden in allen Gebieten, auf die überhaupt die Mathematik Anwendung findet; wir nennen neben der Physik Ingenieurwesen, Nautik, Astronomie, Versicherungs- und Finanzwissenschaft, Geodäsie, Militärwesen u. s. w.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch auf eine kürzlich erschienene hierher gehörende Arbeit[1]) von Professor Mehmke in Stuttgart hinweisen, die besonders wegen ihrer historischen Bemerkungen Interesse verdient.

1) Beispiele graphischer Tafeln, mit Bemerkungen über die Methode der fluchtrechten Punkte, mit 3 Tafeln, Ztschr. für Math. und Physik, 44. Jahrgang, S. 56—62.

(Fr. Schilling.)

Personalien.

Professor Röntgen in Würzburg hat jetzt den Ruf als Nachfolger Professor von Lommels an die Universität München angenommen.

Berichtigungen.

In der Mitteilung II. der Herren St. Meyer und E. R. von Schweidler „Über das Verhalten von Radium und Polonium im magnetischen Felde" Heft 10, S. 113 sind durch ein Versehen die Bezeichnungen Fig. 1 und Fig. 2 vertauscht.

In der Mitteilung von A. Sommerfeld „Theoretisches über die Beugung der Röntgenstrahlen" Heft 10, S. 111, 12. und 13. Zeile vom Schluss muss es $\mu\mu$ heissen statt μ.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.